

西安电子科技大学博士研究生学位论文

LaTeX 模板

作者姓名 朱磊

学校导师姓名、职称 邵晓鹏 教授

国外导师姓名、职称 Sylvain Gigan 教授

申请学位类别 工学博士

学校代码 10701
分 类 号 TP391

学 号 1605110267
密 级 公开

西安电子科技大学

博士学位论文

西安电子科技大学博士研究生学位论文 LaTeX 模板

作者姓名：朱磊

领 域：光学工程

学位类别：工学博士

学校导师姓名、职称：邵晓鹏 教授

国外导师姓名、职称：Sylvain Gigan 教授

学 院：物理与光电工程学院

提交日期：2017 年 4 月

Thesis/Dissertation LaTeX Template for Postgraduates of XIDIAN UNIVERSITY

A Thesis submitted to
XIDIAN UNIVERSITY
in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Doctor
in Optical Engineering

By

Zhu Lei

Supervisor: Shao Xi- Title:Professor
aopeng Title:Professor

Supervisor: Sylvain Gigan

April 2017

西安电子科技大学 学位论文独创性（或创新性）声明

秉承学校严谨的学风和优良的科学道德，本人声明所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢中所罗列的内容以外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果；也不包含为获得西安电子科技大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同事对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。学位论文若有不实之处，本人承担一切法律责任。

本人签名：_____

日 期：_____

西安电子科技大学 关于论文使用授权的说明

本人完全了解西安电子科技大学有关保留和使用学位论文的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权属于西安电子科技大学。学校有权保留送交论文的复印件，允许查阅、借阅论文；学校可以公布论文的全部或部分内容，允许采用影印、缩印或其它复制手段保存论文。同时本人保证，结合学位论文研究成果完成的论文、发明专利等成果，署名为西安电子科技大学。
保密的学位论文在_____年解密后适用本授权书。

本人签名：_____

导师签名：_____

日 期：_____

日 期：_____

摘要

透过散射介质成像摘要是学位论文的内容不加注释和评论的简短陈述，简明扼要陈述学位论文的研究目的、内容、方法、成果和结论，重点突出学位论文的创造性成果和观点。摘要包括中文摘要和英文摘要，硕士学位论文中文摘要字数一般为 1000 字左右，博士学位论文中文摘要字数一般为 1500 字左右。英文摘要内容与中文摘要内容保持一致，翻译力求简明精准。摘要的正文下方需注明论文的关键词，关键词一般为 3 ~ 8 个，关键词和关键词之间用逗号并空一格。

中文摘要格式要求为：宋体小四、两端对齐、首行缩进 2 字符，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅。

英文摘要格式要求为：Times New Roman、小四、两端对齐、首行不缩进，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅，段与段之间空一行。

关键词：XXX, XXX, XXX, XXX, XXX

ABSTRACT

The Abstract is a brief description of a thesis or dissertation without notes or comments. It represents concisely the research purpose, content, method, result and conclusion of the thesis or dissertation with emphasis on its innovative findings and perspectives. The Abstract Part consists of both the Chinese abstract and the English abstract. The Chinese abstract should have the length of approximately 1000 Chinese characters for a master thesis and 1500 for a Ph.D. dissertation. The English abstract should be consistent with the Chinese one in content. The keywords of a thesis or dissertation should be listed below the main body of the abstract, separated by commas and a space. The number of the keywords is typically 3 to 5.

The format of the Chinese Abstract is what follows: Song Ti, Small 4, justified, 2 characters indented in the first line, line spacing at a fixed value of 20 pounds, and paragraph spacing section at 0 pound.

The format of the English Abstract is what follows: Times New Roman, Small 4, justified, not indented in the first line, line spacing at a fixed value of 20 pounds, and paragraph spacing section at 0 pound with a blank line between paragraphs.

Keywords: XXX, XXX, XXX, XXX, XXX

插图索引

| | | |
|-----|--------------------------------|----|
| 1.1 | 数字光学相位共轭示意图 | 3 |
| 2.1 | 数字光学相位共轭示意图 | 7 |
| 5.1 | 插图示例 | 19 |
| 6.1 | 在线 Boosting 算法流程图 | 23 |
| 6.2 | 跟踪过程中代表性序列帧及对比算法跟踪结果 | 24 |

表格索引

| | | |
|-----|-------------------------------|----|
| 5.1 | 表格示例 | 20 |
| 6.1 | 8 种算法 20 个像素偏差内的准确率 | 23 |

符号对照表

| 符号 | 符号名称 |
|--------------------|---------|
| \in | 属于 |
| \mathbb{R} | 实数集 |
| w | 权重 |
| x | 样本 |
| y | 标签 |
| M | 特征维数 |
| N | 样本数量 |
| η | 学习率 |
| \mathcal{F}^{-1} | 逆傅里叶变换 |
| γ | 弱分类器更新率 |

缩略语对照表

| 缩略语 | 英文全称 | 中文对照 |
|--------|---|-----------------------|
| SVM | Support Vector Machine | 支持向量机 |
| EM | expectation-maximization | 最大期望 |
| WTS | Weighted Tensor Subspace | 加权张量子空间 |
| PCA | Principal Component Analysis | 主成分分析 |
| IPCA | Incremental PCA | 增量主成分分析 |
| HOG | Histogram of Oriented Gradient | 方向梯度直方图 |
| 2D-LDA | 2D Fisher Linear Discriminant Analysis | 二维 Fisher 线性判别分析 |
| AVT | Attentional Visual Tracking | 注意视觉跟踪 |
| RF | Random Forest | 随机森林 |
| FFT | Fast Fourier Transformation | 快速傅里叶变换 |
| MOSSE | Minimum Output Sum of Squared Error filter | 最小平方误差滤波器 |
| CFT | Correlation Filter Tracker | 相关滤波跟踪器 |
| DFT | Discrete Fourier Transform | 离散傅里叶变换 |
| KCF | Kernelized Correlation Filter | 核相关滤波器 |
| CLE | Center Location Error | 中心位置误差 |
| OP | Overlap Precision | 重叠精度 |
| DP | Distance Precision | 距离精度 |
| ASMM | Atkinson-Shiffrin Memory Model | AtkinsonShiffrin 内存模型 |
| MUSTer | MULTi-Store Tracker | 多贮存跟踪器 |
| KNN | K-Nearest Neighbor | K-最近邻 |
| HOG | Histogram of Oriented Gradient | 方向梯度直方图 |
| ALM | Augmented Lagrange Method | 增强拉格朗日方法 |
| ADMM | Alternating Direction Method of Multipliers | 交替方向乘子算法 |

目录

| | |
|---------------------------------|-----|
| 摘要..... | i |
| ABSTRACT | iii |
| 插图索引..... | v |
| 表格索引..... | vii |
| 符号对照表..... | ix |
| 缩略语对照表..... | xi |
| 第一章 绪论 | 1 |
| 1.1 基于波前整形的散射成像技术 | 2 |
| 1.1.1 光学相位共轭 | 2 |
| 1.1.2 基于反馈优化波前整形的散射介质成像技术 | 4 |
| 第二章 绪论 | 5 |
| 2.1 基于波前整形的散射成像技术 | 6 |
| 2.1.1 光学相位共轭 | 6 |
| 2.1.2 基于反馈优化波前整形的散射介质成像技术 | 8 |
| 第三章 研究生学位论文撰写的内容要求 | 9 |
| 3.1 封面 | 9 |
| 3.2 题名页 | 9 |
| 3.3 声明 | 11 |
| 3.4 摘要 | 11 |
| 3.5 插图索引 | 11 |
| 3.6 表格索引 | 12 |
| 3.7 符号对照表 | 12 |
| 3.8 缩略语对照表 | 12 |
| 3.9 目录 | 12 |
| 3.10 正文 | 12 |
| 3.10.1 绪论 | 13 |
| 3.10.2 各章节 | 13 |
| 3.10.3 结论 | 14 |
| 3.11 参考文献 | 14 |
| 3.12 致谢 | 15 |

| | |
|------------------------------|----|
| 3.13 作者简介 | 15 |
| 3.14 其他 | 16 |
| 第四章 研究生学位论文的编辑、打印、装订要求 | 17 |
| 4.1 学位论文封面的编辑和打印要求 | 17 |
| 4.2 学位论文的版面设置要求 | 17 |
| 4.3 学位论文的打印、装订要求 | 17 |
| 4.4 其他说明 | 18 |
| 第五章 图、表、公式示例 | 19 |
| 第六章 补充示例 | 21 |
| 6.1 公式 | 21 |
| 6.1.1 带约束条件的公式 | 21 |
| 6.1.2 多等式 | 21 |
| 6.1.3 长公式 | 22 |
| 6.1.4 矩阵 | 22 |
| 6.2 图 | 22 |
| 6.2.1 tikz 画图 | 22 |
| 6.2.2 多图排列 | 22 |
| 6.3 表格 | 22 |
| 6.4 文献引用 | 25 |
| 参考文献 | 27 |
| 致谢 | 29 |
| 作者简介 | 31 |

第一章 绪论

生活中，我们观察物体、辨别物体总是遵循“光沿直线传播”、“所见即所得”的传统光学成像规律，常见的视觉成像系统像人眼、照相机以及光学成像工具如放大镜、显微镜和望远镜等都以此为物理基础。传统光学成像主要通过提取弹道光（或抑制散射光）的方式解决透过无散射（或者弱散射）介质的成像问题。当光透过生物组织、烟尘和云雾等强散射介质时，传统光学成像规律失效。其主要原因是光在强散射介质中传播时，介质中大小为波长量级的粒子对入射光波产生的散射作用使原本有序的波前相位产生严重畸变，出射光场变得随机且紊乱，最终在观测面上只能接收到散斑图案，难以实现对目标的观测或成像。因此，散射效应成为制约透过散射介质成像技术发展的瓶颈和关键问题。

近年来，随着计算机技术飞速发展、介观物理研究的深入、计算成像思想的完善和图像处理技术的发展，形成以物理机制为基础的计算光学成像技术。计算光学成像技术作为新型成像手段，不仅推动了传统成像的发展，而且在解决散射成像方面表现出了得天独厚的优势。经过各国科学家们的不懈努力，计算成像理论以及相关实验技术迅速发展，取得了许多突破性研究成果。在弹道光提取方面，如：自适应光学成像技术 (Adaptive optics technique)、门选通技术、光学相干层析 (Optical coherence tomography)、共聚焦显微 (Confocal microscopy)、多光子显微 (Multiphoton microscopy)、光声显微 (Optoacoustic microscopy)、合荧光分子层析 (Hybrid fluorescence molecular tomography)、多光谱光声层析 (Multispectral optoacoustic tomography) 等光学成像技术的发展及应用，解决了天文成像、水下探测和生物成像等领域的关键问题。在散射光利用方面：随着空间光调制器 (Spatial light modulator, SLM)、数字微镜器件 (Digital micromirror device, DMD)、微机电系统调制器 (Micro electro mechanical system, MEMS) 等数字波前整形器件的出现，促使了计算成像技术和散射成像技术有机的结合，涌现出了许多新型光学成像技术，如：光学相位共轭 (Optical phase conjugation)、波前反馈调节 (Wavefront shaping technique)、基于光学传输矩阵 (Transmission matrix) 等，极大地促进了散射成像技术在显微成像领域的应用。与此同时，随着对光学记忆效应 (Optical memory effect) 的深入研究，散斑相关成像技术的提出为透过散射介质成像打开了崭新的局面。随着计算光学成像的进一步发展，基于点扩散函数 (Point Spread Function, PSF) 工程和深度学习的方法，也成为了解决透过散射介质成像的重要途径。

纵观散射成像的发展历程，随着对散射机理研究的不断深入，散射成像技术已从早期基础理论研究到实验室下模型验证研究再到透过散射介质成像应用研究。早期

的散射成像技术注重于克服散射或抑制散射,通过弹道光与散射光的分离,最终获取有效的目标信息。现阶段的散射成像技术侧重于散射光的利用,充分挖掘散射光的特性,实现从不可探测到可探测质的飞跃。值得注意的是,散射成像技术不仅在显微成像和超分辨成像方面有着广泛的应用,而且也将在全息成像、光纤成像和光通讯等领域扮演着重要的角色。

现有透过散射介质成像方法主要有波前整形和基于光学记忆效应的散射成像技术。波前整形技术,包含光学相位共轭、基于反馈优化的波前整形和光学传输矩阵技术三部分,该技术主要研究光波在介质中的传播规律以及特性,为散射效应的利用奠定基础。基于光学记忆效应的散射成像技术,包含散斑相关成像技术和点扩散函数工程成像技术两部分,该技术核心在于对于散斑能量的利用,利用的散斑分布特点实现透过散射介质成像及相关工作。本文分别对以上方法在散射成像相关成果以及进展进行归纳和总结,并对未来的发展趋势进行了分析与展望。

1.1 基于波前整形的散射成像技术

在散射介质中传播受到散射效应的影响,在像面形成系列散斑。如何定量或定性描述散射介质在光传播过程中的影响成为利用光散射效应的关键问题。虽然光在多重散射介质中传播具有很高的随机性,但当散射介质处稳定于状态时,光在散射介质中的传播具有确定性。散射介质的特性可以与多模光纤进行类比,其输出光场可看作多种模式之间的耦合与叠加。为了精确地描述散射介质在光传播过程的作用,光学传输矩阵思想被提出,有效地将入射光场和出射光场联系起来。近年来,随着光散射理论和实验技术的飞速发展,研究人员基于光学相位共轭、反馈优化的波前整形和光学传输矩阵等技术,实现了透过散射介质的聚焦或者成像。在未获得完善的光学传输矩阵的前提下,为实现透过散射介质聚焦或成像,通常采用光学相位共轭技术或者基于反馈优化的波前整形技术;在测得完备的光学矩阵之后,往往利用光学传输矩阵技术能够有效地实现对出射光场的控制。研究表明,波前整形技术在生物医学成像、超分辨成像和光通信等方面有着巨大的应用前景。

1.1.1 光学相位共轭

光学相位共轭技术是时间反演技术在光学领域的应用,最早的光学相位共轭技术通过在照相板上记录全息图来实现。本质上,光学相位共轭技术利用光传播的可逆性,通过获得透过介质后的光场分布,反向输入透射光场的相位共轭波形,重建原始的入射光场。光学相位共轭实现可以分为两步:第一步,光场信息的记录;第二步,相位共轭光的生成。按照相位共轭光产生方式的不同,光学相位共轭技术可以分

为非线性光学相位共轭技术和数字光学相位共轭技术两类。前者可以使用数字全息或定量相位成像技术来实现，后者是空间光调制器实现。在实验中，我们通常只能获取介质一面光场信息（或者获取部分入射光和部分散射光），在多重散射材料的情况下（也在混沌腔的情况）甚至有限的相位共轭也可以地重建部分的入射光场信息。依据非线性过程的差异，非线性光学相位共轭技术可以分为：三波混频相位共轭技术、四波混频相位共轭技术、受激布里渊散射相位共轭技术和光折变晶体相位共轭技术。总体而言，非线性光学相位共轭技术实施起来比较复杂，通常需要非线性晶体、特定波长和强激光光源。虽然实施起来比较复杂，但是非线性相位共轭技术自早期以来多用于透过复杂介质聚焦。光折变晶体作为光学相位共轭技术的一种常用手段，虽然其调节速度较慢，但可实现透过厚生物组织的聚焦成像。随着材料技术的飞速发展，许多新型光学共轭材料被研发出来，其调节速度可与 SLM 相媲美。许多增益介质能够提供快速的光学共轭调节，但受到其物理效应的限制，仅适用于窄谱光源。三波混频相位共轭技术具有速度快频带宽的特点，但其有效角度较小。与数字光学相位共轭技术相比，非线性光学相位共轭技术在模式耦合效率方面具有较大优势，往往高出 1~2 数量级。因此非线性光学相位共轭技术在生物医学方面仍然具有很大的潜力。

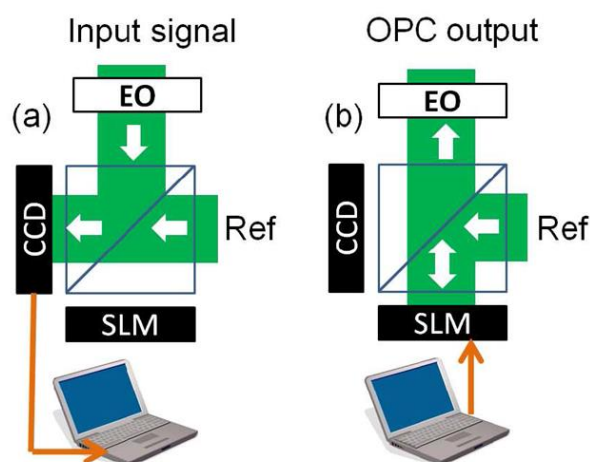


图 1.1 数字光学相位共轭示意图

由于 SLM 和 DMD 等元件的出现，使数字光学相位共轭调制变成可能，数字光学相位共轭技术的工作原理如图2.1所示。在获得输出场的光场信息后，利用数字元器件产生相位共轭光，进而实现透过散射介质的聚焦和成像。2008 年，Z. Yaqoob 等人首次提出了一种基于光学相位共轭的散射成像模型，通过单次记录光场信息克服介质的散射实现成像。2009 年，Pauriss 等人利用了数字光学相位共轭技术实现了对光纤输出光场的控制和补偿。随后，数字光学相位共轭技术被应用于透过散射介质和多模光纤聚焦。

数字光学相位共轭技术虽然在调制效率方面具有劣势，但是对于透过复杂介质

成像方面的应用有着得天独厚的优势。数字光学相位共轭技术利用计算机记录其输出光场分布，利用调制器生成共轭光，可以对无数个输入光场进行重构，相较而言，非线性光学相位共轭技术不具备此特点。在未来发展中，如何提高数字光学相位共轭技术的效率问题，将决定数字光学相位共轭技术在未来应用中的地位。

1.1.2 基于反馈优化波前整形的散射介质成像技术

基于反馈优化的波前整形技术利用优化算法（非线性或线性），通过迭代获取到目标光场所对应的最优波前，从而实现透过散射介质聚焦或成像。本质上，基于反馈优化的波前整形技术将散射介质对于光场的调制过程看作“黑箱”处理，通过迭代算法获取相应的波前，进而实现了对于输出光场的模式以及不同模式之间耦合的控制。

2007 年，A. P. Mosk 课题组利用 SLM 对入射到随机散射介质中的光波进行波前相位调制，采用反馈控制算法对空间光调制器的 SLM 像素进行逐个优化，通过不断迭代的方式获取最优波前，所得的最优波前幅值或相位可以适当补偿由介质散射引起的波前畸变，最终得到了亮度高于调制前散斑 1000 倍的聚焦光斑，远远优于光学透镜的聚焦效果，实验装置和实验结果分别如图 2 和图 3 所示。

第二章 绪论

生活中,我们观察物体、辨别物体总是遵循“光沿直线传播”、“所见即所得”的传统光学成像规律,常见的视觉成像系统像人眼、照相机以及光学成像工具如放大镜、显微镜和望远镜等都以此为物理基础。传统光学成像主要通过提取弹道光(或抑制散射光)的方式解决透过无散射(或者弱散射)介质的成像问题。当光透过生物组织、烟尘和云雾等强散射介质时,传统光学成像规律失效。其主要原因是光在强散射介质中传播时,介质中大小为波长量级的粒子对入射光波产生的散射作用使原本有序的波前相位产生严重畸变,出射光场变得随机且紊乱,最终在观测面上只能接收到散斑图案,难以实现对目标的观测或成像。因此,散射效应成为制约透过散射介质成像技术发展的瓶颈和关键问题。

近年来,随着计算机技术飞速发展、介观物理研究的深入、计算成像思想的完善和图像处理技术的发展,形成以物理机制为基础的计算光学成像技术。计算光学成像技术作为新型成像手段,不仅推动了传统成像的发展,而且在解决散射成像方面表现出了得天独厚的优势。经过各国科学家们的不懈努力,计算成像理论以及相关实验技术迅速发展,取得了许多突破性研究成果。在弹道光提取方面,如:自适应光学成像技术(Adaptive optics technique)、门选通技术、光学相干层析(Optical coherence tomography)、共聚焦显微(Confocal microscopy)、多光子显微(Multiphoton microscopy)、光声显微(Optoacoustic microscopy)、合荧光分子层析(Hybrid fluorescence molecular tomography)、多光谱光声层析(Multispectral optoacoustic tomography)等光学成像技术的发展及应用,解决了天文成像、水下探测和生物成像等领域的关键问题。在散射光利用方面:随着空间光调制器(Spatial light modulator, SLM)、数字微镜器件(Digital micromirror device, DMD)、微机电系统调制器(Micro electro mechanical system, MEMS)等数字波前整形器件的出现,促使了计算成像技术和散射成像技术有机的结合,涌现出了许多新型光学成像技术,如:光学相位共轭(Optical phase conjugation)、波前反馈调节(Wavefront shaping technique)、基于光学传输矩阵(Transmission matrix)等,极大地促进了散射成像技术在显微成像领域的应用。与此同时,随着对光学记忆效应(Optical memory effect)的深入研究,散斑相关成像技术的提出为透过散射介质成像打开了崭新的局面。随着计算光学成像的进一步发展,基于点扩散函数(Point Spread Function, PSF)工程和深度学习的方法,也成为了解决透过散射介质成像的重要途径。

纵观散射成像的发展历程,随着对散射机理研究的不断深入,散射成像技术已从早期基础理论研究到实验室下模型验证研究再到透过散射介质成像应用研究。早期

的散射成像技术注重于克服散射或抑制散射,通过弹道光与散射光的分离,最终获取有效的目标信息。现阶段的散射成像技术侧重于散射光的利用,充分挖掘散射光的特性,实现从不可探测到可探测质的飞跃。值得注意的是,散射成像技术不仅在显微成像和超分辨成像方面有着广泛的应用,而且也将在全息成像、光纤成像和光通讯等领域扮演着重要的角色。

现有透过散射介质成像方法主要有波前整形和基于光学记忆效应的散射成像技术。波前整形技术,包含光学相位共轭、基于反馈优化的波前整形和光学传输矩阵技术三部分,该技术主要研究光波在介质中的传播规律以及特性,为散射效应的利用奠定基础。基于光学记忆效应的散射成像技术,包含散斑相关成像技术和点扩散函数工程成像技术两部分,该技术核心在于对于散斑能量的利用,利用的散斑分布特点实现透过散射介质成像及相关工作。本文分别对以上方法在散射成像相关成果以及进展进行归纳和总结,并对未来的发展趋势进行了分析与展望。

2.1 基于波前整形的散射成像技术

在散射介质中传播受到散射效应的影响,在像面形成系列散斑。如何定量或定性描述散射介质在光传播过程中的影响成为利用光散射效应的关键问题。虽然光在多重散射介质中传播具有很高的随机性,但当散射介质处稳定于状态时,光在散射介质中的传播具有确定性。散射介质的特性可以与多模光纤进行类比,其输出光场可看作多种模式之间的耦合与叠加。为了精确地描述散射介质在光传播过程的作用,光学传输矩阵思想被提出,有效地将入射光场和出射光场联系起来。近年来,随着光散射理论和实验技术的飞速发展,研究人员基于光学相位共轭、反馈优化的波前整形和光学传输矩阵等技术,实现了透过散射介质的聚焦或者成像。在未获得完善的光学传输矩阵的前提下,为实现透过散射介质聚焦或成像,通常采用光学相位共轭技术或者基于反馈优化的波前整形技术;在测得完备的光学矩阵之后,往往利用光学传输矩阵技术能够有效地实现对出射光场的控制。研究表明,波前整形技术在生物医学成像、超分辨成像和光通信等方面有着巨大的应用前景。

2.1.1 光学相位共轭

光学相位共轭技术是时间反演技术在光学领域的应用,最早的光学相位共轭技术通过在照相板上记录全息图来实现。本质上,光学相位共轭技术利用光传播的可逆性,通过获得透过介质后的光场分布,反向输入透射光场的相位共轭波形,重建原始的入射光场。光学相位共轭实现可以分为两步:第一步,光场信息的记录;第二步,相位共轭光的生成。按照相位共轭光产生方式的不同,光学相位共轭技术可以分

为非线性光学相位共轭技术和数字光学相位共轭技术两类。前者可以使用数字全息或定量相位成像技术来实现，后者是空间光调制器实现。在实验中，我们通常只能获取介质一面光场信息（或者获取部分入射光和部分散射光），在多重散射材料的情况下（也在混沌腔的情况）甚至有限的相位共轭也可以地重建部分的入射光场信息。依据非线性过程的差异，非线性光学相位共轭技术可以分为：三波混频相位共轭技术、四波混频相位共轭技术、受激布里渊散射相位共轭技术和光折变晶体相位共轭技术。总体而言，非线性光学相位共轭技术实施起来比较复杂，通常需要非线性晶体、特定波长和强激光光源。虽然实施起来比较复杂，但是非线性相位共轭技术自早期以来多用于透过复杂介质聚焦。光折变晶体作为光学相位共轭技术的一种常用手段，虽然其调节速度较慢，但可实现透过厚生物组织的聚焦成像。随着材料技术的飞速发展，许多新型光学共轭材料被研发出来，其调节速度可与 SLM 相媲美。许多增益介质能够提供快速的光学共轭调节，但受到其物理效应的限制，仅适用于窄谱光源。三波混频相位共轭技术具有速度快频带宽的特点，但其有效角度较小。与数字光学相位共轭技术相比，非线性光学相位共轭技术在模式耦合效率方面具有较大优势，往往高出 1~2 数量级。因此非线性光学相位共轭技术在生物医学方面仍然具有很大的潜力。

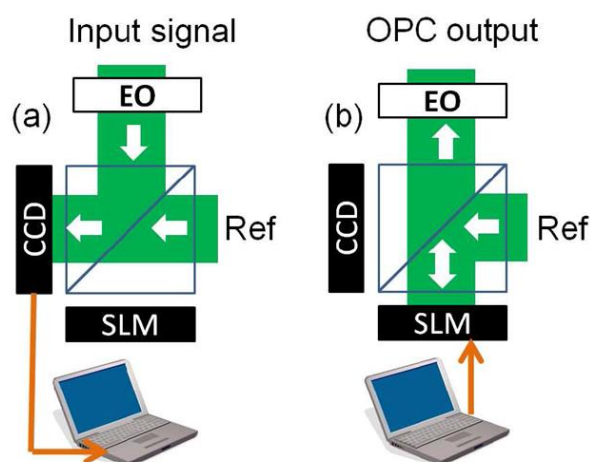


图 2.1 数字光学相位共轭示意图

由于 SLM 和 DMD 等元件的出现，使数字光学相位共轭调制变成可能，数字光学相位共轭技术的工作原理如图2.1所示。在获得输出场的光场信息后，利用数字元器件产生相位共轭光，进而实现透过散射介质的聚焦和成像。2008 年，Z. Yaqoob 等人首次提出了一种基于光学相位共轭的散射成像模型，通过单次记录光场信息克服介质的散射实现成像。2009 年，Pauriss 等人利用了数字光学相位共轭技术实现了对光纤输出光场的控制和补偿。随后，数字光学相位共轭技术被应用于透过散射介质和多模光纤聚焦。

数字光学相位共轭技术虽然在调制效率方面具有劣势，但是对于透过复杂介质

成像方面的应用有着得天独厚的优势。数字光学相位共轭技术利用计算机记录其输出光场分布，利用调制器生成共轭光，可以对无数个输入光场进行重构，相较而言，非线性光学相位共轭技术不具备此特点。在未来发展中，如何提高数字光学相位共轭技术的效率问题，将决定数字光学相位共轭技术在未来应用中的地位。

2.1.2 基于反馈优化波前整形的散射介质成像技术

基于反馈优化的波前整形技术利用优化算法（非线性或线性），通过迭代获取到目标光场所对应的最优波前，从而实现透过散射介质聚焦或成像。本质上，基于反馈优化的波前整形技术将散射介质对于光场的调制过程看作“黑箱”处理，通过迭代算法获取相应的波前，进而实现了对于输出光场的模式以及不同模式之间耦合的控制。

2007 年，A. P. Mosk 课题组利用 SLM 对入射到随机散射介质中的光波进行波前相位调制，采用反馈控制算法对空间光调制器的 SLM 像素进行逐个优化，通过不断迭代的方式获取最优波前，所得的最优波前幅值或相位可以适当补偿由介质散射引起的波前畸变，最终得到了亮度高于调制前散斑 1000 倍的聚焦光斑，远远优于光学透镜的聚焦效果，实验装置和实验结果分别如图 2 和图 3 所示。

第三章 研究生学位论文撰写的内容要求

我校研究生学位论文包括以下几个部分：

3.1 封面

(1) 题目：题目是最恰当、最简明的词语反映论文中最重要的特定内容的逻辑组合，力求简短切题。中文题目（包括副标题和标点符号）一般不超过 20 个字，英文题目一般不超过 10 个实词。

题目位于确定位置的文本框中，文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 0.5 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 15 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对值 3.2 厘米，宽度为绝对值 15 厘米。文字格式为中文宋体、英文 Times New Roman，二号加粗，居中对齐，左右不缩进，段前段后不留空，行距为固定值 30 磅。

(2) 责任者姓名：包括论文作者姓名、指导教师姓名及职称（博士学位论文、学术型和同等学力硕士学位论文）以及学校、企业导师姓名及职称（专业学位硕士学位论文）。没有企业导师的专业学位类别请将“企业导师姓名及职称”栏目删除。

(3) 申请学位类别：按照学科门类和学位层次填写，如工学博士、工学硕士、工程硕士、工商管理硕士等。

作者姓名、指导教师姓名职称、申请学位类别信息位于确定位置的文本框中，文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 3.5 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 20 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对值 3.5 厘米，宽度为绝对值 9 厘米。标题字体为黑体四号加粗，具体内容的文字格式为中文宋体、英文 Times New Roman，四号加粗，左对齐，左右不缩进，段前段后不留空，行距为固定值 30 磅。

3.2 题名页

题名页包括中文题名页和英文题名页，主要由学校代码、分类号、学号、密级、论文题目、作者姓名、一级学科、二级学科（博士学位论文、学术型和同等学力硕士学位论文）、领域（专业学位硕士学位论文）、学位类别、指导教师姓名、职称（博士学位论文、学术型和同等学力硕士学位论文）、学校、企业导师姓名、职称（专业学位硕士学位论文）、提交日期等部分组成。没有企业导师的专业学位类别请将“企业

导师姓名及职称”栏目删除。

- (1) 学校代码：指本单位编号，我校代码是“10701”。
- (2) 分类号：指在《中国图书资料分类法》中的分类号（填写前四位即可）。
- (3) 学号：按照入学时研究生院编制的统一编号填写。
- (4) 密级：密级由导师确定，分为公开和秘密两种。

学校代码和分类号位于确定位置的文本框中，文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 0.2 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 0.3 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对值 1.1 厘米，宽度为绝对值 4.5 厘米。学号和密级位于确定位置的文本框中，文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 10.9 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 0.3 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对值 1.1 厘米，宽度为绝对值 4.5 厘米。中文题名页中的学校代码、分类号、学号和密级的字体为宋体，字号为五号加粗，行距为多倍行距 1.2，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅；

学位论文题目位于确定位置的文本框中，文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 0 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 11 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对值 3.2 厘米，宽度为绝对值 15.5 厘米。字体为宋体，字号为二号加粗，行距为固定值 30 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅；

作者姓名、指导教师姓名职称、一级学科、二级学科、领域、学位类别、提交日期位于确定位置的文本框中，文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 4.5 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 16 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对值 8.6 厘米，宽度为绝对值 8.5 厘米。标题和具体内容的字体为宋体，标题字号为四号加粗，具体内容的字号为四号不加粗，行距为固定值 32 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅。

英文题名页中的学科填写二级学科（专业学位填写领域或类别），学位论文题目字体为 Times New Roman，字号二号加粗，行距为固定值 30 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅，其他内容的字体为 Times New Roman，字号三号，行距为固定值 30 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅。学位论文题目位于确定位置的文本框中，文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 0 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 0 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对值 3.5 厘米，宽度为绝对值 15.5 厘米。学科信息文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 0 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 6 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对值 5.5 厘米，宽度为绝对值 15.5 厘米。作者信息文本框格式为水平位置：相对于右侧页边距绝对位置 0 厘米；垂直位置：相对于下侧页边距绝对位置 18.7 厘米；文字环绕方式为浮于文字上方；文本框大小：高度为绝对

值 4.5 厘米，宽度为绝对值 15.5 厘米。

3.3 声明

声明是对学位论文创新性和使用授权的声明和说明，论文提交图书馆和存档时作者本人和指导教师必须签名确认。

声明部分标题字体为宋体，字号为四号加粗，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅；正文字体为宋体，字号为小四号，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅；标题与正文之间空一行，签名行与正文之间空一行，日期行与签名行之间空一行。

3.4 摘要

摘要是学位论文的内容不加注释和评论的简短陈述，简明扼要陈述学位论文的研究目的、内容、方法、成果和结论，重点突出学位论文的创造性成果和观点。摘要包括中文摘要和英文摘要，硕士学位论文中文摘要字数一般为 1000 字左右，博士学位论文中文摘要字数一般为 1500 字左右。英文摘要内容与中文摘要内容保持一致，翻译力求简明精准。摘要的正文下方需注明论文的关键词，关键词一般为 3 ~ 8 个，关键词和关键词之间用逗号并空一格。

中文摘要标题字体为黑体，字号为三号，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；正文字体为宋体，字号为小四号，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅；关键词和正文之间空一行，关键词字体为宋体，字号为小四号，标题加粗。英文摘要标题字体为 Times New Roman，字号为三号，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；正文的每一段落首行不空格，段落与段落之间空一行；正文字体为 Times New Roman，字号为小四号，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅；关键词字体为 Times New Roman，字号为小四号，标题加粗。

3.5 插图索引

学位论文中插图的目录索引。插图索引标题字体为黑体，字号为三号，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；正文内容字体为宋体，字号为小四号，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅。

3.6 表格索引

学位论文中表格的目录索引。表格索引标题字体为黑体，字号为三号，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；正文内容字体为宋体，字号为小四号，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅。

3.7 符号对照表

学位论文中符号代表的意义及单位（或量纲）的说明。符号对照表标题字体为黑体，字号为三号，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；正文内容字体为宋体，字号为小四号，行距为固定值 20 磅。

3.8 缩略语对照表

学位论文中缩略语代表意义的说明。缩略语按照英文单词首字母顺序排列，对照表标题字体为黑体，字号为三号，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；正文内容中文字体为宋体，字号为小四号，英文字体为 Times New Roman，字号为小四号，行距为固定值 20 磅。

3.9 目录

目录是学位论文的提纲，是论文各组成部分的小标题，应分别依次列出并注明页码。各级标题分别以第一章、1.1、1.1.1 等数字依次标出，目录中最多列出三级标题，正文中如果确需四级标题，用（1）、（2）形式标出。学位论文的前置部分（摘要、插图索引、表格索引、符号对照表、缩略语对照表）和学位论文的主体部分（正文、参考文献、致谢、作者简介）都要在目录中列出。

目录标题字体为黑体，字号为三号，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；目录内容中一级标题字体为黑体，字号为小四号，其余标题字体为宋体，字号为小四号。

3.10 正文

正文是学位论文的主体和核心部分。正文的一级标题居中排列，字体为黑体，字号为三号，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；二级标题不缩进，字体为宋体加粗，字号为小三号，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 18 磅，段后 12 磅；三级标题缩进 2 字符，字体为宋体，字号为四号加粗，行距为固定值 20 磅，

段落间距为段前 12 磅，段后 6 磅；正文内容字体为宋体，字号为小四号，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 0 磅，段后 0 磅。正文一般包括以下几个方面：

3.10.1 绪论

绪论是学位论文主体部分的开端，切忌与摘要雷同或成为摘要的注解。绪论除了要说明论文的研究目的、研究方法和研究结果外，还应评述与论文研究内容相关的国内外研究现状和相关领域中已有的研究成果；其次还要介绍本项研究工作的前提和任务、理论依据、实验基础、涉及范围、预期结果以及该论文在已有基础上所要解决的问题。

3.10.2 各章节

各章节一般由标题、文字叙述、图、表、公式等构成，章节内容总体要求立论正确，逻辑清晰，数据可靠，层次分明，文字通畅，编排规范。论文中若有与指导教师或他人共同研究的成果，必须明确标注；如果引用他人的结论，必须明确注明出处，并与参考文献保持一致。

(1) 图：包括曲线图、示意图、流程图、框图等。图序号一律用阿拉伯数字分章依序编码，如：图 1.3、图 2.11。每一个图应有简短确切的图名，连同图序号置于图的正下方。图名称、图中的内容字号为五号，中文字体为宋体，英文字体为 Times New Roman，行距一般为单倍行距。图中坐标上标注的符号和缩略词必须与正文保持一致。引用图应在图题右上角标出文献来源；曲线图的纵横坐标必须标注“量、标准规定符号、单位”，这三者只有在不必要标明（如无量纲等）的情况下方可省略。

(2) 表：包括分类项目和数据，一般要求分类项目由左至右横排，数据从上到下竖列。分类项目横排中必须标明符号或单位，竖列的数据栏中不要出现“同上”、“同左”等词语，一律要填写具体的数字或文字。表序号一律用阿拉伯数字分章依序编码，如：表 2.5、表 10.3。每一个表格应有简短确切的题名，连同表序号置于表的正上方。表名称、表中的内容字号为五号，中文字体为宋体，英文字体为 Times New Roman，行距一般与正文保持一致。

(3) 公式：正文中的公式、算式、方程式等必须编排序号，序号一律用阿拉伯数字分章依序编码，如：(3-32)、(6-21)。对于较长的公式，另起行居中横排，只可在符号处（如：+、-、*、/、<> 等）转行。公式序号标注于该式所在行（当有续行时，应标注于最后一行）的最右边。连续性的公式在“=”处排列整齐。大于 999 的整数或多于三位的小数，一律用半个阿拉伯数字符的小间隔分开；小于 1 的数应将 0 置于小数点之前。公式的行距一般为单倍行距。

(4) 计量单位：学位论文中出现的计量单位一律采用国务院 1984 年 2 月 27 日发

布的《中华人民共和国法定计量单位》标准。

3.10.3 结论

结论是学位论文最终和总体的结论，不是正文中各段的小结的简单重复，应准确、精炼、完整，其中要着重阐述作者研究的创造性成果以及在本研究领域中的重大意义，还可提出有待进一步研究和探讨的问题。

3.11 参考文献

参考文献是文中引用的有具体文字来源的文献集合，博士学位论文参考文献一般不少于 80 篇，其中近 5 年的参考文献不少于 20 篇，硕士学位论文参考文献一般不少于 30 篇，其中近 5 年的参考文献不少于 5 篇。参考文献标题字体为黑体，字号为三号，居中排列，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅；参考文献若是中文文献，字体为宋体，字号为五号，若是英文文献，字体为 Times New Roman，字号为五号。学位论文的撰写要本着严谨求实的科学态度，凡有引用他人成果之处，引用处右上角用方括号标注阿拉伯数字编排的序号（必须与参考文献一致），同时所有引用的文献必须用全称，不能缩写，并按论文中所引用的顺序列于文末。引用文献的作者不超过 3 位时全部列出，超过时列前 3 位，后加“等”字或“et al.”。参考文献的著录要符合《文后参考文献著录规则》（GB/T7714-2005）要求：

（1）期刊(报纸)参考文献：[序号] 主要责任者. 文献名称 [文献类别代码]. 期刊(报纸)名, 年份, 卷(期): 引文页码.

（2）专著参考文献：[序号] 主要责任者. 专著名称 [文献类别代码]. 其他责任者. 出版地: 出版单位, 出版年份.

（3）专利参考文献：[序号] 主要责任者. 专利名称: 国别, 专利号 [文献类别代码]. 出版日期.

（4）技术标准参考文献：[序号] 起草责任者. 标准代号-标准顺序号-发布年. 标准名称 [文献类别代码]. 出版地: 出版单位, 出版年份.

（5）电子参考文献：[序号] 主要责任者. 题名 [文献类别代码]. 获取和访问路径. [引用日期].

（6）会议论文集参考文献：[序号] 编者. 论文集名. (供选择项: 会议名, 会址, 开会年) 出版地: 出版者, 出版年份.

（7）学位论文参考文献：[序号] 主要责任者. 文献题名 [文献类别代码]. 保存地: 保存单位, 年份.

（8）国际、国家标准参考文献：[序号] 标准代号. 标准名称 [文献类别代码]. 出版

地: 出版者, 出版年.

(9) 报告类参考文献: [序号] 主要责任者. 文献题名 [文献类别代码]. 报告地: 报告会主办单位, 年份.

参考文献著录中的文献类别代码:

- (1) 普通图书: M
- (2) 会议录: C
- (3) 汇编: G
- (4) 报纸: N
- (5) 期刊: J
- (6) 学位论文: D
- (7) 报告: R
- (8) 标准: S
- (9) 专利: P
- (10) 数据库: DB
- (11) 计算机程序: CP
- (12) 电子公告: EB

载体类型:

- 网络: OL
- 磁带: MT
- 磁盘: MK
- 光盘: CD

3.12 致谢

作者对完成论文提供帮助和支持的组织和个人表示感谢的文字记载。致谢标题字体为黑体, 字号为三号, 居中排列, 行距为固定值 20 磅, 段落间距为段前 24 磅, 段后 18 磅; 正文内容字体为宋体, 字号为小四号, 行距为固定值 20 磅, 段落间距为段前 0 磅, 段后 0 磅。

3.13 作者简介

对作者的简要介绍, 主要包括个人基本情况、教育背景、攻读博士/硕士学位期间的研究成果等三个部分内容。攻读博士/硕士学位期间的研究成果是指本人攻读博士/硕士学位期间发表(或录用)的学术论文, 申请(授权)专利、参与的科研项目及科研获奖等情况, 分别按时间顺序列出。其中, 发表论文、申请(授权)专利、科

研获奖只列出作者排名前 3 名的，参与的科研项目按重要程度最多列出 5 项。作者简介标题字体为黑体，字号为三号，居中排列，行距为固定值 20 磅，段落间距为段前 24 磅，段后 18 磅。作者简介的正文内容严格按照本模板中的范例书写。

3.14 其他

学位论文中如果需要注释，可作为脚注在页下分别著录，切忌在文中注释；如果有附录部分，可编写在正文之后，与正文连续编页码，每一附录均另页起，附录依次用大写英文字母 A、B、C……编序号，如：附录 A、附录 B 等。

第四章 研究生学位论文的编辑、打印、装订要求

4.1 学位论文封面的编辑和打印要求

学位论文的封面由研究生院按国家规定统一制定印刷，封面内容必须打印，不得手写。

4.2 学位论文的版面设置要求

(1) 行间距：固定值 20 磅（题名页除外）。

(2) 字符间距：标准。

(3) 页眉设置：单面页码页眉标题为章节题目，每一章节的起始页必须在单面页码，双面页码页眉标题统一为“西安电子科技大学博/硕士学位论文”，页眉标题居中排列，字体为宋体，字号为五号。页眉文字下添加双横线，双横线宽度为 0.5 磅，距正文距离为：上下各 1 磅，左右各 4 磅。

(4) 页码设置：学位论文的前置部分和主体部分分开设置页码，前置部分的页码用罗马数字标识，字体为 Times New Roman，字号为小五号；主体部分的页码用阿拉伯数字标识，字体为宋体，字号为小五号。页码统一居于页面底端中部，不加任何修饰。

(5) 页面设置：为了便于装订，要求每页纸的四周留有足够的空白边缘，其中页边距为上 3 厘米、下 2 厘米；内侧 2.5 厘米、外侧 2.5 厘米；装订线为 0.5 厘米；页眉 2 厘米，页脚 1.75 厘米。

4.3 学位论文的打印、装订要求

(1) 打印：学位论文必须用 A4 纸页面排版，双面打印；

(2) 装订：依次按照中文题名页、英文题名页、声明、摘要、插图索引、表格索引、符号对照表、缩略语对照表、目录、正文、附录（可选）、参考文献、致谢、作者简介的顺序，用学校统一印制的学位论文封面装订成册。盲审论文必须删除致谢部分的文字内容（致谢标题须保留）以及封面和研究成果中的作者和指导教师姓名，研究成果列表中应体现作者的排序，如第一作者、第一发明人等。

4.4 其他说明

本规定由研究生院负责解释，从申请 2015 年 9 月毕业和授位的研究生开始执行，其它有关规定同时废止。研究生毕业论文撰写要求参照学位论文撰写要求执行。

第五章 图、表、公式示例

图：包括曲线图、示意图、流程图、框图等。图序号一律用阿拉伯数字分章依序编码，如：图 1.3、图 2.11。

每一个图应有简短确切的图名，连同图序号置于图的正下方。图名称、图中的内容字号为五号，中文字体为宋体，英文字体为 Times New Roman，行距一般为单倍行距。图中坐标上标注的符号和缩略词必须与正文保持一致。引用图应在图题右上角标出文献来源；曲线图的纵横坐标必须标注“量、标准规定符号、单位”，这三者只有在不必要标明（如无量纲等）的情况下方可省略。

图与正文之间一般应空一行。

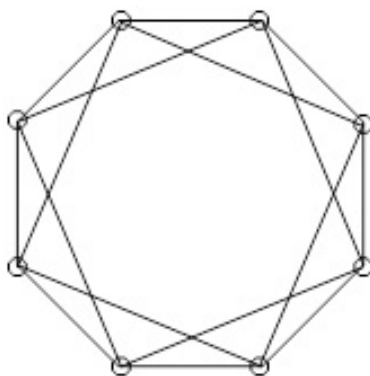


图 5.1 插图示例

公式：正文中的公式、算式、方程式等必须编排序号，序号一律用阿拉伯数字分章依序编码，如：(3-32)、(6-21)。

对于较长的公式，另起行居中横排，只可在符号处（如：+、-、*、/、<> 等）转行。公式序号标注于该式所在行（当有续行时，应标注于最后一行）的最右边。连续性的公式在“=”处排列整齐。大于 999 的整数或多于三位的小数，一律用半个阿拉伯数字的小间隔分开；小于 1 的数应将 0 置 Bonjour

Le service Izly évolue. C’ est pourquoi nous mettons à jour nos Conditions générales d’ utilisation (CGU).

Quelles sont nos principales modifications des CGU ? Le remplacement du rechargement par prélèvement SEPA par la mise en service d’ un nouveau moyen de rechargement : le virement sécurisé, avec notre partenaire Fintecture, La modification des modalités de prévenance lors de la modification des Conditions générales d’ utilisation à l’ initiative de XPOLLENS.

Vous voulez en savoir plus ? Nous vous invitons à consulter à cette page l' intégralité de nos nouvelles conditions générales d' utilisation. Ces modifications entreront en vigueur le 13 septembre 2021. Si vous continuez à utiliser le service Izly après cette date, cela signifie que vous acceptez les conditions générales d' utilisation mises à jour. À tout moment, vous avez la possibilité de récupérer le solde de votre compte et résilier le service, depuis votre espace utilisateur.

Merci de faire partie des utilisateurs Izly ! L' équipe Izly 于小数点之前。公式的行距一般为单倍行距。

公式与正文之间一般应空一行。

$$X_{e1}(s, n_1, k_1) = \binom{k_1}{s} \frac{n_1!}{(n_1 - s)!} \sum_{v=0}^{\min(n_1-s, k_1-s)} (-1)^v \binom{k_1 - s}{v} \times \frac{(n_1 - s)!}{(n_1 - s - v)!} (n_1 - s - v)^{k_1-s-v} \quad (5-1)$$

表：包括分类项目和数据，一般要求分类项目由左至右横排，数据从上到下竖列。分类项目横排中必须标明符号或单位，竖列的数据栏中不要出现“同上”、“同左”等词语，一律要填写具体的数字或文字。表序号一律用阿拉伯数字分章依序编码，如：表 2.5、表 10.3。

每一个表格应有简短确切的题名，连同表序号置于表的正上方。表名称、表中的内容居中排列，字号为五号，中文字体为宋体，英文字体为 Times New Roman，行距一般与正文保持一致。表格线统一用单线条，磅值为 0.5 磅。

表格与正文之间一般应空一行。

表 5.1 表格示例

| 馈电方式 电性能参数 | 探针 | 环形缝隙 | 探针和缝隙 | | 缝隙和 CPW | |
|------------------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | | 探针 | 缝隙 | 缝隙 | CPW |
| 谐振频率 | 9.5 GHz | 8.8 GHz | 9.4 GHz | 9.8 GHz | 9.2 GHz | 9.3 GHz |
| 带宽 S ₁₁ < -10 dB) | 7.3% | 4.5% | 6.9% | 6.8% | 4.9% | 5.3% |
| 隔离度 (带内最差) | -16.5 dB | -17 dB | -31 dB | | -22 dB | |
| 方向图 | 不对称 | 对称 | 不对称 | 对称 | 对称 | 对称 |
| 交叉极化电平 | 高 | 低 | 高 | 低 | 低 | 低 |

计量单位：学位论文中出现的计量单位一律采用国务院 1984 年 2 月 27 日发布的《中华人民共和国法定计量单位》标准。

第六章 补充示例

前四章给出了学位论文的官方要求。这里补充一些可能用到的示例。

6.1 公式

6.1.1 带约束条件的公式

假设一个数据集 $D = (x_i, y_i), i = 1, \dots, N$ ，其中 (x_i, y_i) 是第 i 个标记示例， x_i 是 M 维输入向量， $y_i \in \{+1, -1\}$ 是相关联的二进制标签， N 是数据大小。形如 $f(x) = w \cdot \Phi(x) + b$ 的 SVM 分类器通过最大化边缘训练，等效为：

$$\min_{w, b, \xi} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^N \xi_i \quad (6-1a)$$

$$\text{s.t. } \forall i \in 1, \dots, N : \xi_i \geq 0, y_i(w \cdot \Phi(x) + b) \geq 1 - \xi_i \quad (6-1b)$$

其中 ξ 是松弛变量， C 是样本和边界间允许误差的权衡参数， Φ 是从原始输入空间到特征空间的映射。

6.1.2 多等式

MOSSE 分别对分子和分母进行平均：

$$\begin{cases} \hat{h}^* = \frac{A_t}{B_t} \\ A_t = \eta(\hat{y}_t \odot \hat{x}_t^*) + (1 - \eta)A_t - 1 \\ B_t = \eta(\hat{x}_t \odot \hat{x}_t^*) + (1 - \eta)B_t - 1 \end{cases} \quad (6-2)$$

其中 η 是学习率。这使得最近的帧更受重视，并且让先前帧的影响随时间呈指数级衰减。

6.1.3 长公式

目标的增强拉格朗日可以表示为：

$$\begin{aligned}\mathcal{L}(\hat{g}, h, \hat{\zeta}) = & \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \|\hat{g}_i(j) - \text{diag}(\hat{x}_i)^\top \hat{g}\|_2^2 + \frac{\lambda}{2} \|h\|_2^2 \\ & + \hat{\zeta}^\top (\hat{g} - \sqrt{D}FP^\top h) \\ & + \frac{\mu}{2} \|\hat{g} - \sqrt{D}FP^\top h\|_2^2\end{aligned}\tag{6-3}$$

6.1.4 矩阵

令基础样本 $x = (x_0, \dots, x_{n-1})$ ，循环矩阵 X 具有以下形式：

$$X = C(x) = \begin{bmatrix} x_0 & x_1 & \dots & x_{n-1} \\ x_{n-1} & x_0 & \dots & x_{n-2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1 & x_2 & \dots & x_0 \end{bmatrix}\tag{6-4}$$

6.2 图

6.2.1 tikz 画图

在线 Boosting 算法流程如图6.1所示。

6.2.2 多图排列

跟踪过程中部分关键帧跟踪结果展示在图6.2中。

6.3 表格

表6.1展示了 8 种算法的 20 个像素偏差内的准确率。

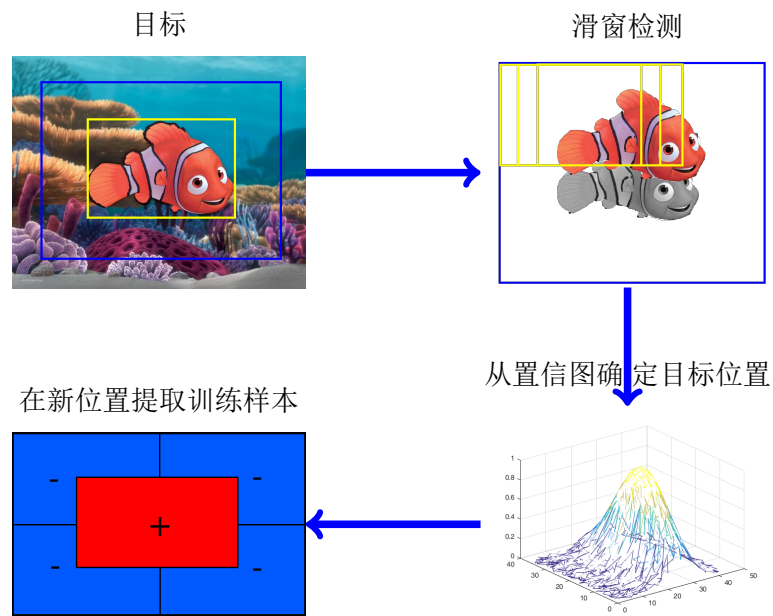
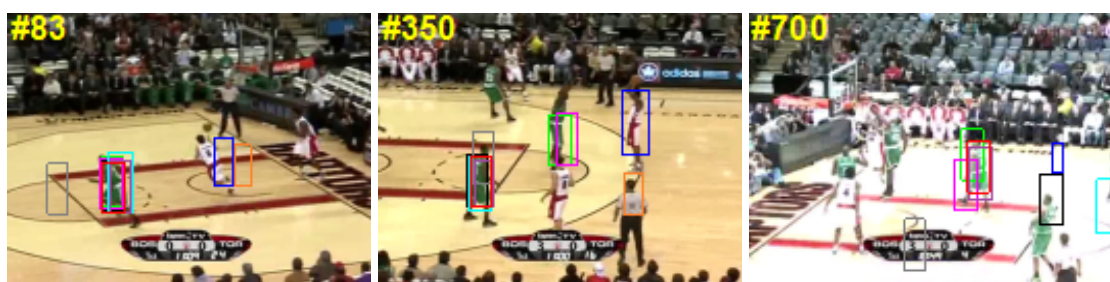


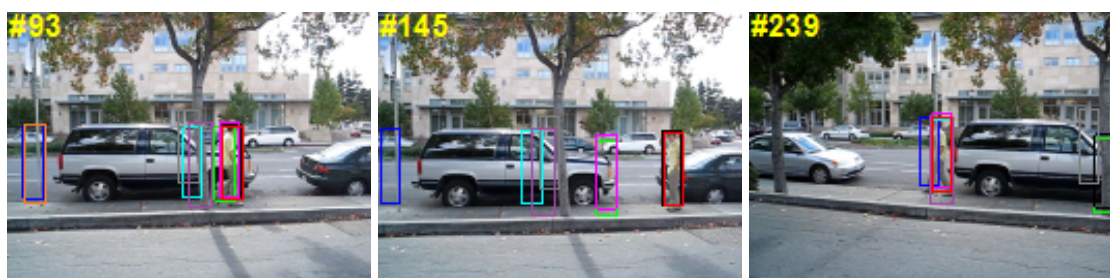
图 6.1 在线 Boosting 算法流程图

表 6.1 8 种算法 20 个像素偏差内的准确率

| 序列 | Frag | OAB | SBT | MIL | Struck | CSK | CFwLB | Ours |
|-----------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Coke | 0.034 | 0.168 | 0.048 | 0.117 | 0.942 | 0.739 | 0.918 | 0.959 |
| David | 0.121 | 0.151 | 0.204 | 0.229 | 0.236 | 0.236 | 0.144 | 0.396 |
| Dog | 0.173 | 0.157 | 0.079 | 0.197 | 0.157 | 0.144 | 0.858 | 0.992 |
| Doll | 0.663 | 0.663 | 0.149 | 0.433 | 0.688 | 0.218 | 0.947 | 0.986 |
| Gym | 0.369 | 0.016 | 0.046 | 0.329 | 0.219 | 0.091 | 0.113 | 0.801 |
| KiteSurf | 0.143 | 0.381 | 0.369 | 0.381 | 0.905 | 0.321 | 0.274 | 0.964 |
| Surfer | 0.176 | 0.045 | 0.133 | 0.088 | 0.157 | 0.005 | 0.468 | 0.997 |
| Sylvester | 0.685 | 0.680 | 0.430 | 0.546 | 0.929 | 0.717 | 0.921 | 0.947 |
| Vase | 0.166 | 0.155 | 0.129 | 0.166 | 0.140 | 0.166 | 0.181 | 0.657 |
| 平均 | 0.281 | 0.268 | 0.176 | 0.276 | 0.486 | 0.293 | 0.536 | 0.855 |



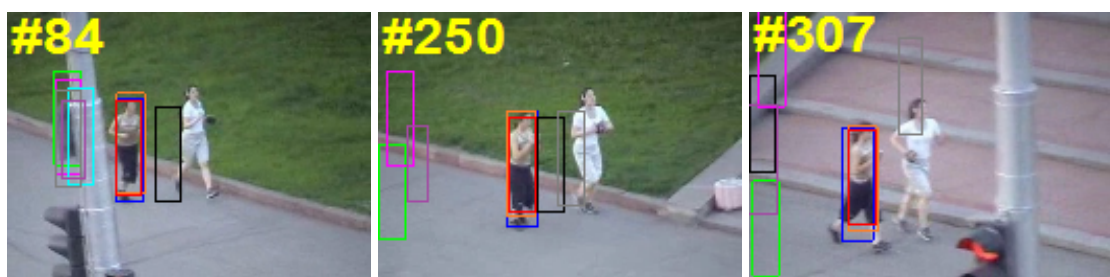
(a) Basketball



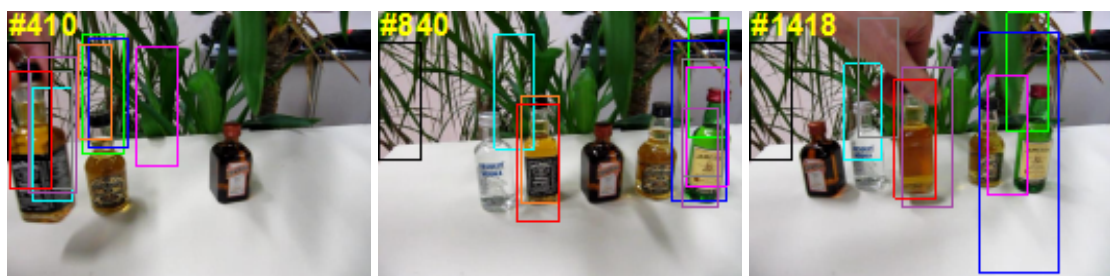
(b) David3



(c) Football



(d) Jogging



(e) Liquor

— CT — CXT — DT — MIL — SCM — Struck — TLD — VTD — Ours

图 6.2 跟踪过程中代表性序列帧及对比算法跟踪结果

6.4 文献引用

Li 等^[1]人采用三维时域张量子空间学习进行视觉跟踪。文献^[1]中, 通过基于加权张量子空间 (Weighted Tensor Subspace, WTS) 的增量学习算法来适应跟踪期间的外观变化。

通常的做法是稀疏取样, 即每帧只随机选取若干样本^[2-6]。

参考文献

- [1] 萧钰. 出版业信息化迈入快车道 [EB/OL]. (2001-12-19)[2002-04-15]. <http://www.creader.com/news/20011219/200112190019.html>..
- [2] ZHANG K, ZHANG L, YANG M H. Real-Time Compressive Tracking[C] // Proceedings of the European Conference on Computer Vision : Vol 3. 2012 : 864–877.
- [3] KALAL Z, MIKOLAJCZYK K, MATAS J. Tracking-learning-detection[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2012, 34(7): 1409–1422.
- [4] BABENKO B, YANG M-H, BELONGIE S. Robust object tracking with online multiple instance learning[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2011, 33(8): 1619–1632.
- [5] SAFFARI A, LEISTNER C, SANTNER J, et al. On-line random forests[C] // Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision. 2009 : 1393–1400.
- [6] HARE S, GOLODETZ S, SAFFARI A, et al. Struck: Structured output tracking with kernels[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2016, 38(10): 2096–2109.

致谢

本论文是在导师的悉心指导下完成的，从论文的选题到论文的撰写，无不渗透着导师的心血，……值此论文完稿之际，谨对导师的辛勤培育以及谆谆教诲表示最衷心的感谢！

作者简介

1. 基本情况

朱磊，男，陕西西安人，1982年8月出生，西安电子科技大学XX学院XX专业2008级硕士研究生。

2. 教育背景

2001.08～2005.07，西安电子科技大学，本科，专业：电子信息工程

2008.08～，西安电子科技大学，硕士研究生，专业：电磁场与微波技术

3. 攻读硕士学位期间的研究成果

3.1 发表学术论文

- [1] XXX, XXX, XXX. Rapid development technique for drip irrigation emitters[J].RP Journal,UK.,2003,9(2): 104-110.(SCI: 672CZ, EI: 03187452127)
- [2] XXX, XXX, XXX. 基于快速成型制造的滴管快速制造技术研究 [J]. 西安交通大学学报, 2001, 15(9): 935-939. (EI: 02226959521)
- [3] ...

3.2 申请（授权）专利

- [1] XXX, XXX, XXX 等. 专利名称: 国别, 专利号 [P]. 出版日期.
- [2] ...

3.3 参与科研项目及获奖

- [1] XXX 项目, 项目名称, 起止时间, 完成情况, 作者贡献。
- [2] XXX, XXX, XXX 等. 科研项目名称. 陕西省科技进步三等奖, 获奖日期.
- [3] ...

